



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012110547/07, 19.03.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.03.2012

(43) Дата публикации заявки: 27.09.2013 Бюл. № 27

(45) Опубликовано: 27.07.2014 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: EP 1363384 A2, 19.11.2003. RU 2103786 C1, 27.01.1998. RU 2040096 C1, 20.07.1995. RU 4028 U1, 16.04.1997. RU 754 U1, 16.08.1995. SU 298993 A, 29.04.1971. SU 465689 A, 26.06.1975. SU 626471 A, 28.08.1978. SU 678603 A, 05.08.1979. RU 92011862 A, 10.03.1995. RU 874 U1, 16.09.1985. US 5294856 A, 15.03.1994. EP 0455578 A2, 06.11.1991

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, Уральский  
Федеральный Университет, Центр  
Интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Дмитриевский Владимир Александрович  
(RU),

Прахт Владимир Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

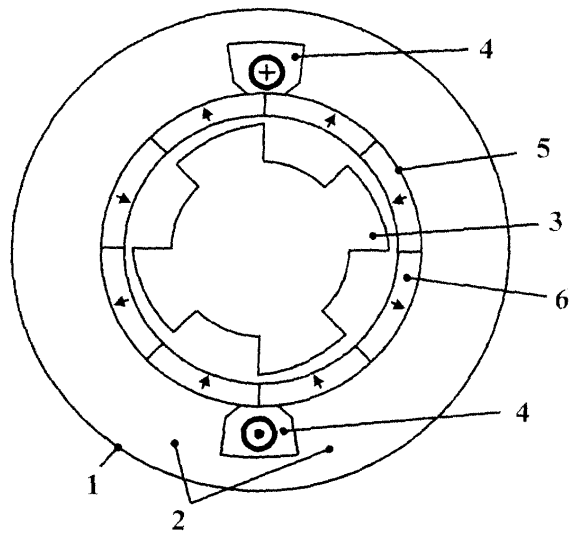
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Уральский  
федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU),  
ООО "Элтехно" (RU)

**(54) ОДНОФАЗНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к электромеханике, а точнее к электрическим машинам с магнитами на статоре, и может быть использовано в электрических приводах машин и механизмов, а также в генераторах электрической энергии. Предлагаемая электрическая машина содержит зубчатый ротор, статор, включающий зубчатый магнитопровод с четным числом зубцов, однофазную обмотку и многополюсную магнитную систему, выполненную из магнитотвердого материала, расположенную между ротором и магнитопроводом статора, зафиксированную на статоре и намагниченную

таким образом, что на каждом зубце статора находится одинаковое количество чередующихся разноименных полюсов, при этом соседние полюса, относящиеся к разным зубцам статора, являются одноименными и количество зубцов ротора вдвое меньше количества полюсов на всех зубцах статора. Технический результат, достигаемый при использовании настоящего изобретения, состоит в увеличении удельной мощности электрической машины при одновременном уменьшении массы активных материалов. 15 з.п. ф-лы, 13 ил.



Фиг.1

RU 2 524 144 C 2

RU 2 524 144 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*H02K 19/06* (2006.01)*H02K 21/38* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012110547/07, 19.03.2012**(24) Effective date for property rights:  
**19.03.2012**

Priority:

(22) Date of filing: **19.03.2012**(43) Application published: **27.09.2013** Bull. № 27(45) Date of publication: **27.07.2014** Bull. № 21

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, Ural'skij  
Federal'nyj Universitet, Tsentr Intellektual'noj  
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Dmitrievskij Vladimir Aleksandrovich (RU),  
Prakht Vladimir Alekseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij  
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta  
Rossii B.N. El'tsina" (RU),  
OOO "Ehltekhno" (RU)**

(54) **SINGLE-PHASE ELECTRICAL MACHINE**

(57) Abstract:

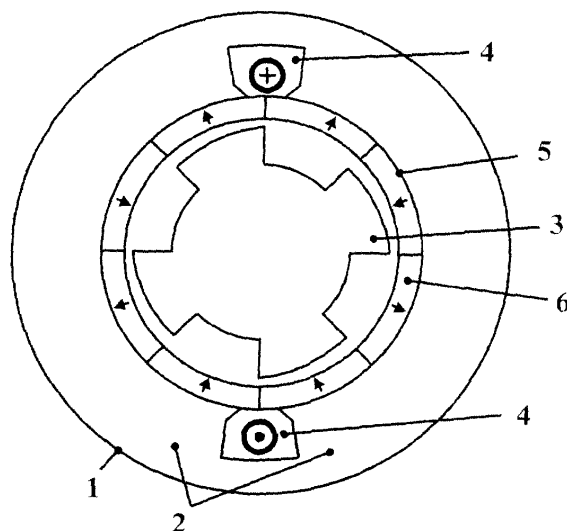
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to electrical machinery, and namely to electrical machines with magnets on a stator, and can be used in electrical drives of machines and mechanisms, as well as in electrical power generators. The proposed electrical machine includes a toothed rotor, a stator, which includes a toothed magnetic conductor with even number of teeth, a single-phase winding and a multiple-pole magnetic system made from hard-magnetic material, which is located between the rotor and the magnetic conductor of the stator, fixed on the stator and magnetised so that equal number of alternating opposite poles is provided on each tooth of the stator; with that, adjacent poles referring to different stator teeth are similar poles, and number of rotor teeth is lower by two times than the number of poles on all stator teeth.

EFFECT: technical result achieved by means of this invention consists in increase of specific power of an electrical machine at simultaneous decrease of weight

of active materials.

16 cl, 13 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к электромеханике, а точнее к электрическим машинам с магнитами на статоре, и может быть использовано в электрических приводах машин и механизмов, а также в генераторах электрической энергии.

Известна трехфазная электрическая машина с постоянными магнитами на зубцах статора [C.X. Wang, Member, IEEE, Ion Boldea, Fellow, IEEE, and Syed A. Nasar, Life Fellow, IEEE. A study of the design for the flux reversal machine. IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 16, NO.1, MARCH 2001], имеющая ротор с 8 зубцами и статор с 6 зубцами, сосредоточенную обмотку на статоре, состоящую из катушек, охватывающих каждый зубец (сосредоточенная двухслойная обмотка), а также магниты, расположенные на поверхности зубцов статора. Однако трехфазное питание усложняет структуру блока управления электрической машиной и увеличивает его цену.

Прототипом является однофазная электрическая машина с магнитами на зубцах статора [Rajesh P. Deodhar, Svante Andersson, Ion Boldea, and Timothy J.E. Miller. The Flux-Reversal Machine: A New Brushless Doubly-Salient Permanent-Magnet Machine. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL.33, NO.4, JULY/AUGUST 1997], имеющая ротор с тремя зубцами и статор с двумя зубцами, двухслойную обмотку на статоре, а также магнитную систему, расположенную на поверхности зубцов статора, имеющую по два магнита на каждом зубце статора и создающую на каждом зубце статора два магнитных полюса. Соседние полюса, расположенные на соседних зубцах, являются разноименными. В такой машине используется только 2/3 поверхности воздушного зазора машины, что понижает удельную мощность, увеличивает массу активных материалов и ведет к увеличению стоимости машины.

Задачей изобретения является увеличение удельной мощности электрической машины и уменьшение массы активных материалов.

Поставленная задача решается за счет того, что в заявляемой электрической машине, содержащей зубчатый ротор, статор, включающий зубчатый магнитопровод с четным числом зубцов, однофазную обмотку и многополюсную магнитную систему, выполненную из магнитотвердого материала, расположенную между ротором и магнитопроводом статора, зафиксированную на магнитопроводе статора и намагниченную таким образом, что на каждом зубце магнитопровода статора находится одинаковое количество чередующихся разноименных полюсов, соседние полюса, относящиеся к разным зубцам магнитопровода статора, являются одноименными и количество зубцов ротора вдвое меньше количества полюсов на всех зубцах магнитопровода статора.

Кроме того, в однофазной электрической машине обмотка может быть выполнена однослойной и охватывающей каждый второй зубец магнитопровода статора, двухслойной и охватывающей каждый зубец магнитопровода статора или наматываться вокруг ярма магнитопровода статора.

В однофазной электрической машине зубцы магнитопровода статора и магнитная система статора могут быть выполнены со скосом относительно зубцов ротора.

В однофазной электрической машине ротор может быть выполнен таким образом, что его сечение, перпендикулярное оси вращения, имеет линию зеркальной симметрии или выполнен таким образом, что такая симметрия отсутствует.

В однофазной электрической машине статор может располагаться внутри ротора или наоборот ротор может располагаться внутри статора.

В однофазной электрической машине магнитная система может быть выполнена монолитной и цилиндрической формы или выполнена из отдельных магнитов. При этом несколько электроизолированных друг от друга магнитов могут располагаться

вдоль оси вращения ротора и/или в угловом направлении.

В однофазной электрической машине соседние магниты, формирующие противоположные полюса и имеющие противоположные остаточные намагниченности, коллинеарные радиус-вектору, могут быть установлены таким образом, что между ними имеется немагнитная область.

В однофазной электрической машине магнитная система может быть выполнена таким образом, что между соседними разноименными полюсами остаточная намагниченность имеет угловое направление и способствует формированию полюсов магнитной системы.

В однофазной электрической машине могут использоваться магниты прямоугольного сечения.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется чертежами, на которых изображены:

фиг.1 - принципиальная схема электрической машины, в которой полюса зубцов магнитопровода статора представлены отдельными магнитами и немагнитная область между магнитами отсутствует;

фиг.2 - принципиальная схема электрической машины, в которой на один полюс приходится несколько электроизолированных магнитов;

фиг.3 - принципиальная схема электрической машины, в которой между магнитами противоположной намагниченности и между магнитами, расположенными на соседних зубцах магнитопровода статора, выполнены немагнитные области в виде зазора;

фиг.4 - принципиальная схема электрической машины, в некоторых участках магнитной системы которой намагниченность принимает угловое направление;

фиг.5 - принципиальная схема ротора, сечение которого, перпендикулярное оси вращения, имеет линию зеркальной симметрии;

фиг.6 - принципиальная схема ротора, обеспечивающего неравномерный воздушный зазор;

фиг.7 - принципиальная схема ротора с фаской с одной стороны зубца;

фиг.8 - принципиальная схема ротора, в котором стороны зубца выполнены под разными углами к зазору между ротором и статором;

фиг.9 - принципиальная схема электрической машины с четырьмя зубцами на магнитопроводе статора;

фиг.10 - принципиальная схема электрической машины с однослойной обмоткой, охватывающей каждый второй зубец магнитопровода статора;

фиг.11, фиг.12 - принципиальные схемы электрических машин, в которых обматывается каждый зубец магнитопровода статора;

фиг.13 - принципиальная схема электрической машины, в которой катушки наматываются вокруг ярма магнитопровода статора.

Направления намагниченности магнитов показаны стрелочками, направление тока пазовой части на смотрящего обозначено знаком О, а направление от смотрящего обозначено знаком Ф.

Предлагаемая однофазная электрическая машина (фиг.1) содержит зубчатый магнитопровод статора 1 с двумя зубцами 2 и зубчатый ротор 3. В пазы магнитопровода статора 1 укладывается однофазная обмотка 4, причем направление токов в любых двух соседних пазах противоположное.

В зазоре между ротором 3 и магнитопроводом статора 1 располагается многополюсная магнитная система 5, выполненная из магнитотвердого материала, зафиксированная на магнитопроводе статора 1 и намагниченная таким образом, что

на каждом зубце 2 магнитопровода статора 1 находятся по 4 чередующихся разноименных полюсов примерно равного размера.

Соседние полюса магнитной системы 5, относящиеся к разным зубцам 2 магнитопровода статора 1, являются одноименными.

5 Полюса зубцов 2 магнитопровода статора 1 представлены отдельными магнитами 6 и немагнитная область между магнитами отсутствует.

Количество зубцов ротора 3 вдвое меньше количества полюсов на всех зубцах 2 магнитопровода статора 1 и равно 4. В том числе пара одноименных полюсов, относящихся к соседним зубцам 2, считаются за два полюса.

10 Принцип действия предлагаемой электрической машины с магнитной системой 5 на зубцах 2 магнитопровода статора 1 в генераторном режиме состоит в следующем. При вращении ротора 3 магнитный поток в магнитопроводе статора 1 меняет свое направление. В результате в обмотке 4 магнитопровода статора 1 наводится электродвижущая сила.

15 Количество и размеры магнитов 6 не зависят от структуры полюсов машины. При этом магниты 6 могут иметь сложную структуру и довольно неоднородную намагниченность. В частности, электрическая машина может иметь только один магнит 6, при этом неоднородная структура намагниченности обеспечивает требуемое количество полюсов на каждом зубце 2 магнитопровода статора 1. Или, например, на  
20 каждом зубце 2 может содержаться по одному многополюсному магниту 6.

При изготовлении статоров и роторов электрических машин из стали для уменьшения электрических потерь они обычно выполняются шихтованными - из отдельных изолированных друг от друга листов.

Для снижения электрических потерь в магнитной системе 5 несколько магнитов 6  
25 располагают вдоль оси вращения ротора 3 (выполняют шихтовку, аналогичную шихтовке стали).

Также для снижения электрических потерь в магнитной системе 5 уменьшают угловой размер магнитов 6, в частности, на один полюс может приходиться несколько магнитов 6 (фиг.2). Магниты 6 малого углового размера могут иметь прямоугольное сечение,  
30 что упрощает изготовление магнитов и снижает их цену.

С целью экономии магнитов 6 соприкасающиеся части магнитов 6 разной намагниченности могут быть заменены немагнитной областью 7 между ними (фиг.3), представляющей собой зазор или немагнитную и неэлектропроводную вставку, что практически не снижает технических характеристик электрической машины, поскольку  
35 в местах соприкосновения магнитов 6 с противоположной намагниченностью их потоки замыкаются сами на себя и фактически не участвуют в создании потока в воздушном зазоре. Другими словами, между соседними магнитами 6, формирующими противоположные полюса и имеющими противоположные остаточные намагниченности, коллинеарные радиус-вектору, может располагаться немагнитная область, выполненная  
40 в виде зазора между магнитами или в виде немагнитной и неэлектропроводной вставки.

Между соседними магнитами 6, расположенными на соседних зубцах 2 магнитопровода статора 1, также целесообразно выполнять немагнитную вставку 7 (фиг.3), поскольку магниты 6, расположенные вдали от магнитопровода статора, в меньшей степени участвуют в формировании полезного магнитного потока.

45 На фиг.3 показана схема электрической машины, в которой расположены немагнитные области 7 между магнитами 6 разной намагниченности и между магнитами 6, расположенными на соседних зубцах 2 магнитопровода статора 1.

Увеличение полезного магнитного потока возможно при условии, что между

соседними разноименными полюсами магнитной системы 5 расположен магнитотвердый материал магнитной системы 8 с намагниченностью, направленной в угловом направлении так, чтобы способствовать формированию полюсов магнитной системы 5.

5 При использовании заявленной электрической машины в качестве генератора может применяться ротор 3, сечение которого, перпендикулярное оси вращения, имеет линию зеркальной симметрии. На фиг.5 показан пример такого ротора, причем некоторые линии зеркальной симметрии показаны штрихпунктиром.

При использовании заявленной электрической машины в качестве двигателя  
10 необходимо обеспечить возможность старта. Для этого ротор 3 выполняют несимметричным так, чтобы при отсутствии электропитания его равновесное положение было отклонено от положения, в котором зубцы ротора 3 находятся строго напротив полюсов, что позволяет при подаче питания создавать пусковой момент.

Несимметричность ротора 3 может состоять в несимметричности воздушного зазора  
15 между ротором 3 и магнитопроводом статора 1 (фиг.6), в наличии фаски с одной стороны зубца ротора 3 (фиг.7) или/и в выполнении сторон зубца ротора 3 под разными углами к зазору между ротором 3 и магнитопроводом статора 1 (фиг.8).

Фиг.9 иллюстрирует возможность изготовления электрической машины с четным количеством зубцов 3 на магнитопроводе статора 1, большим двух.

20 Выбор количества зубцов 2 на магнитопроводе статора 1, а также выбор количества полюсов на каждом его зубце 2 позволяет задать произвольное не меньшее двух количество зубцов ротора 3, которое равно отношению частот электропитания и вращения электрической машины, т.е варьировать количество зубцов ротора 3 в широких пределах.

25 Количество зубцов на роторе 3 равно отношению частоты питающего тока к частоте вращения. Чем больше это отношение, тем больший крутящий момент достигается машиной. Если это отношение невелико, то такой двигатель применим в высокоскоростных приложениях. Таким образом, заявленная электрическая машина может быть спроектирована для широкого диапазона приложений, от высокомоментных  
30 до высокоскоростных.

На фиг.10-13 показаны способы укладки обмотки 4, отличающиеся расположением частей катушек 9, не создающих полезного магнитного поля.

На фиг.10 катушки охватывают каждый второй зубец 2 магнитопровода статора 1 (однослойная обмотка 4), целиком заполняя пазы.

35 На фиг.11 и фиг.12 показаны два способа укладки обмотки 4, в которых обматывается каждый зубец 2 магнитопровода статора 1 (двухслойная обмотка 4).

На фиг.13 катушки наматываются вокруг ярма магнитопровода статора 1.

Для уменьшения момента страгивания и пульсаций момента возможно выполнение  
40 зубцов 3 магнитопровода статора 1 и магнитов 6 на статоре скошенными относительно зубцов ротора 3.

Представленная конструкция электрической машины позволяет решить поставленную задачу. А именно: в представленной конструкции электрической машины магниты  
расположены на большей в сравнении с прототипом части окружности статора, благодаря чему удастся более полно использовать активные материалы машины. В  
45 результате увеличивается удельная мощность электрической машины и уменьшается масса активных материалов, т.е. достигается цель изобретения.

Кроме того, в зависимости от конфигурации представленная конструкция может применяться в широком диапазоне приложений, от высокомоментных до

высокоскоростных.

Кроме того, выполнение магнитной системы из достаточного числа отдельных электроизолированных магнитов позволяет снизить электрические потери в магнитах.

Кроме того, расположение магнитов таким образом, что между соседними магнитами, формирующими противоположные полюса и имеющими противоположные остаточные намагниченности, коллинеарные радиус-вектору, имеется немагнитная область, позволяет уменьшить массу магнитов, а значит и себестоимость электрической машины.

Кроме того, выполнение магнитной системы таким образом, что между соседними разноименными полюсами магнитной системы остаточная намагниченность имеет угловое направление и способствует формированию полюсов магнитной системы, позволяет увеличить полезный магнитный поток, что способствует достижению цели изобретения.

#### Формула изобретения

1. Однофазная электрическая машина, содержащая зубчатый ротор, статор, включающий зубчатый магнитопровод с четным числом зубцов, однофазную обмотку и многополюсную магнитную систему, выполненную из магнитотвердого материала, расположенную между ротором и магнитопроводом статора, зафиксированную на магнитопроводе статора и намагниченную таким образом, что на каждом зубце магнитопровода статора находится одинаковое количество чередующихся разноименных полюсов, отличающаяся тем, что соседние полюса, относящиеся к разным зубцам магнитопровода статора, являются одноименными и количество зубцов ротора вдвое меньше количества полюсов на всех зубцах магнитопровода статора.

2. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что однофазная обмотка выполнена однослойной и охватывающей каждый второй зубец магнитопровода статора.

3. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что обмотка выполнена двухслойной и охватывающей каждый зубец магнитопровода статора.

4. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что катушки обмотки намотаны вокруг ярма магнитопровода статора.

5. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что зубцы магнитопровода статора и магнитная система статора выполнены со скосом относительно зубцов ротора.

6. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что ротор выполнен таким образом, что его сечение, перпендикулярное оси вращения, имеет линию зеркальной симметрии.

7. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что ротор выполнен таким образом, что его сечение, перпендикулярное оси вращения, не имеет линии зеркальной симметрии.

8. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что ротор расположен внутри статора.

9. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что статор расположен внутри ротора.

10. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что магнитная система выполнена монолитной и цилиндрической формы.

11. Однофазная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что магнитная система выполнена из отдельных магнитов.

12. Однофазная электрическая машина по п.11, отличающаяся тем, что вдоль оси



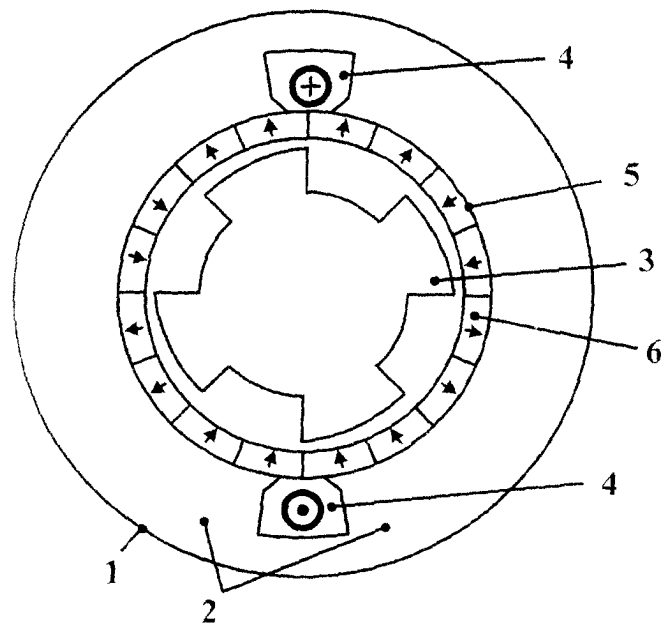
вращения ротора расположено несколько электроизолированных друг от друга магнитов.

13. Однофазная электрическая машина по п.11, отличающаяся тем, что в угловом направлении расположено несколько электроизолированных друг от друга магнитов.

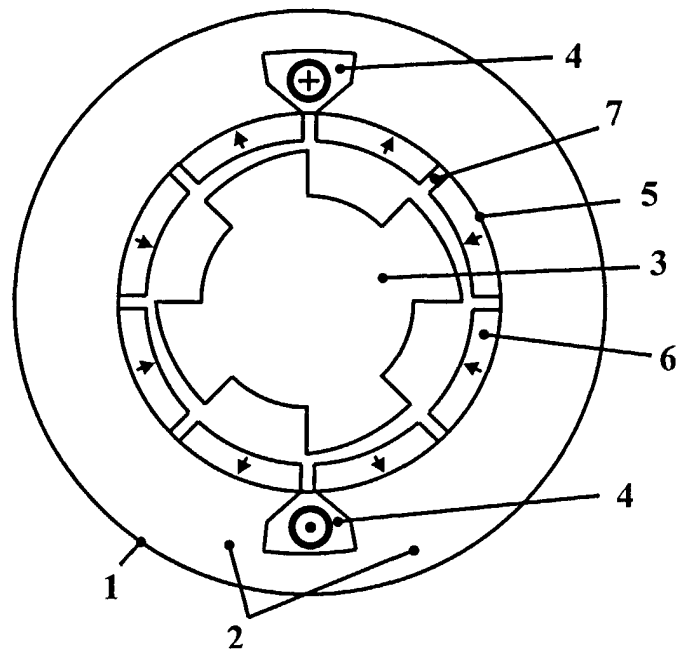
14. Однофазная электрическая машина по п.11, отличающаяся тем, что соседние магниты, формирующие противоположные полюса и имеющие противоположные остаточные намагниченности, коллинеарные радиус-вектору, установлены таким образом, что между ними имеется немагнитная область.

15. Однофазная электрическая машина по п.11, отличающаяся тем, что магнитная система выполнена таким образом, что между соседними разноименными полюсами магнитной системы остаточная намагниченность имеет угловое направление и способствует формированию полюсов магнитной системы.

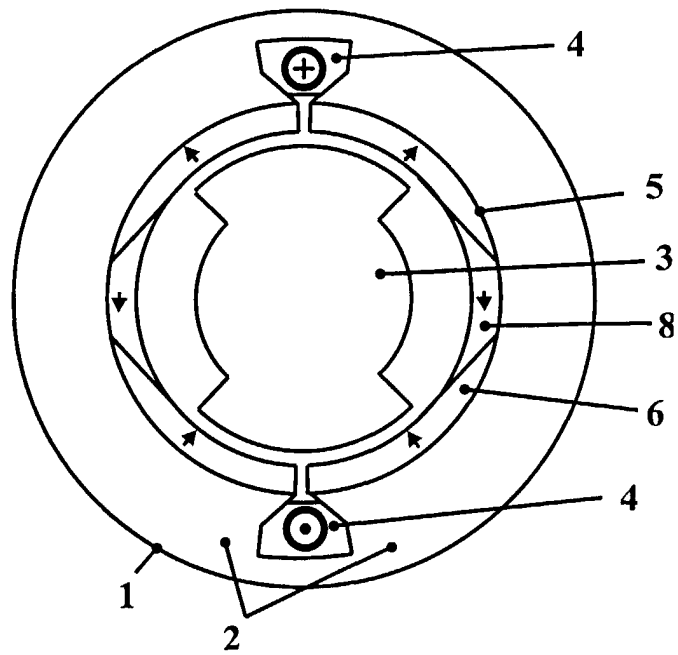
16. Однофазная электрическая машина по п.11, отличающаяся тем, что использованы магниты прямоугольного сечения.



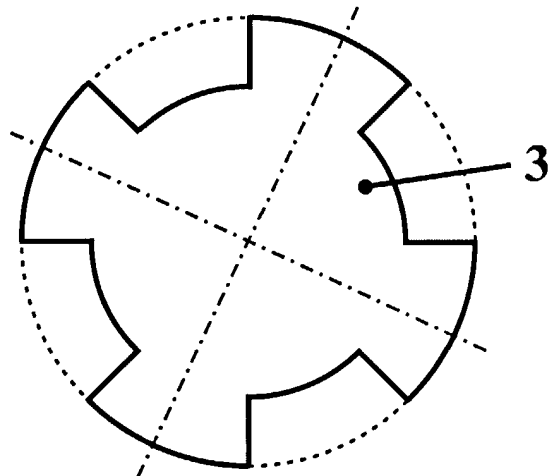
Фиг. 2



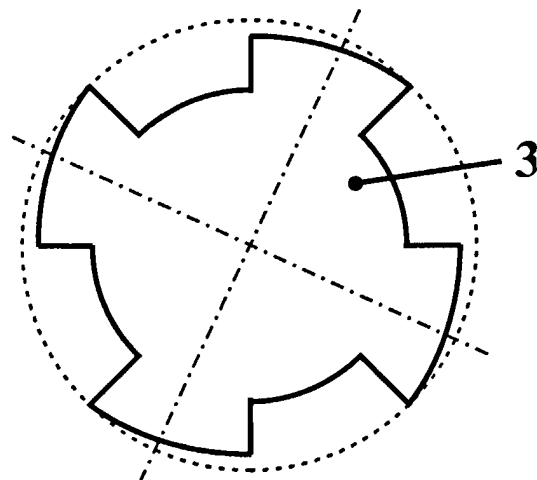
Фиг. 3



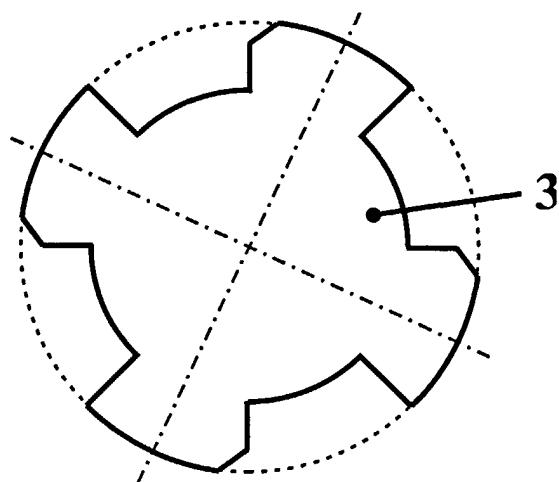
Фиг.4



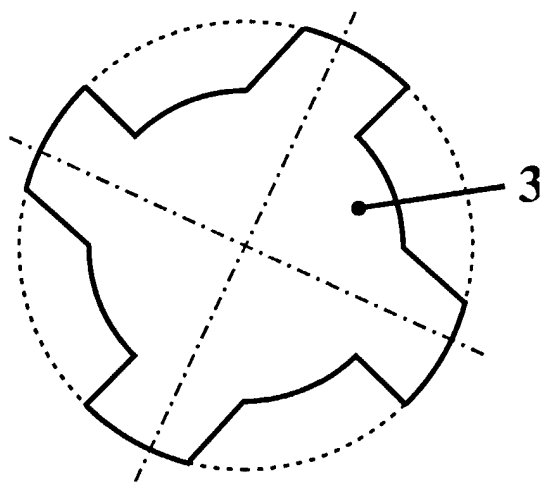
Фиг.5



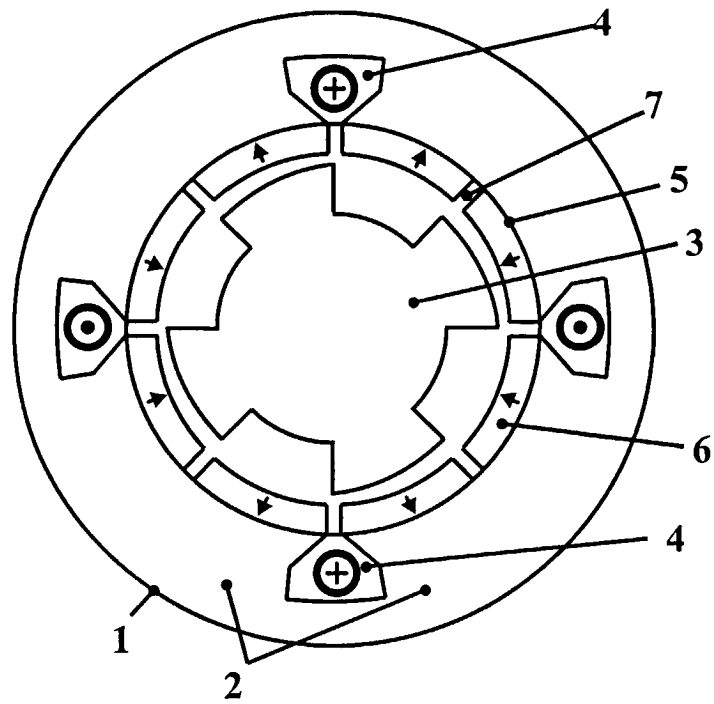
Фиг.6



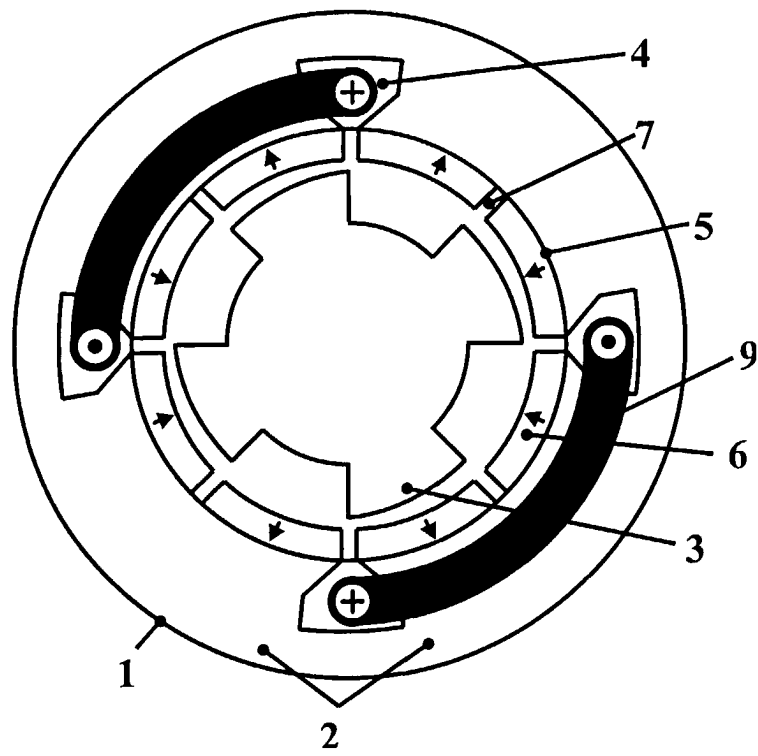
Фиг.7



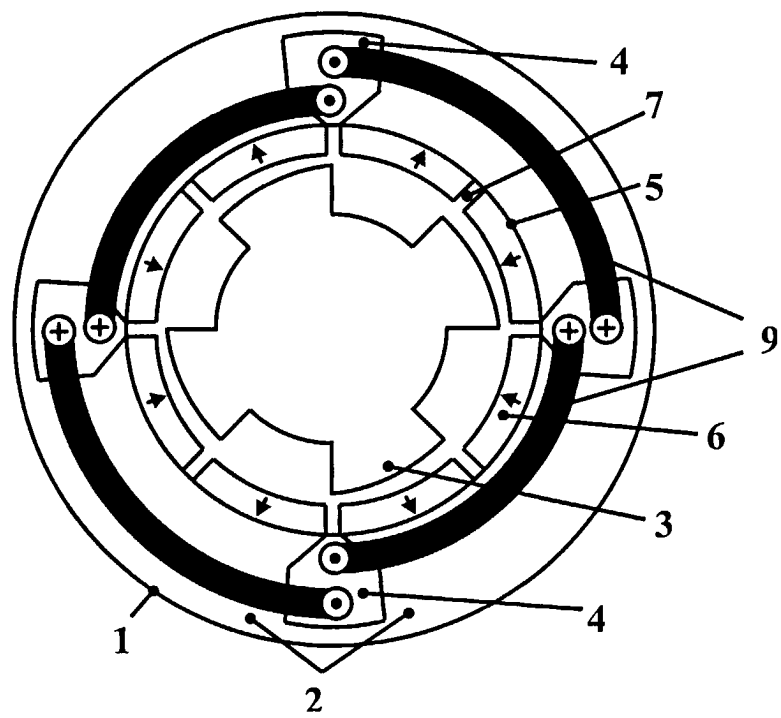
Фиг.8



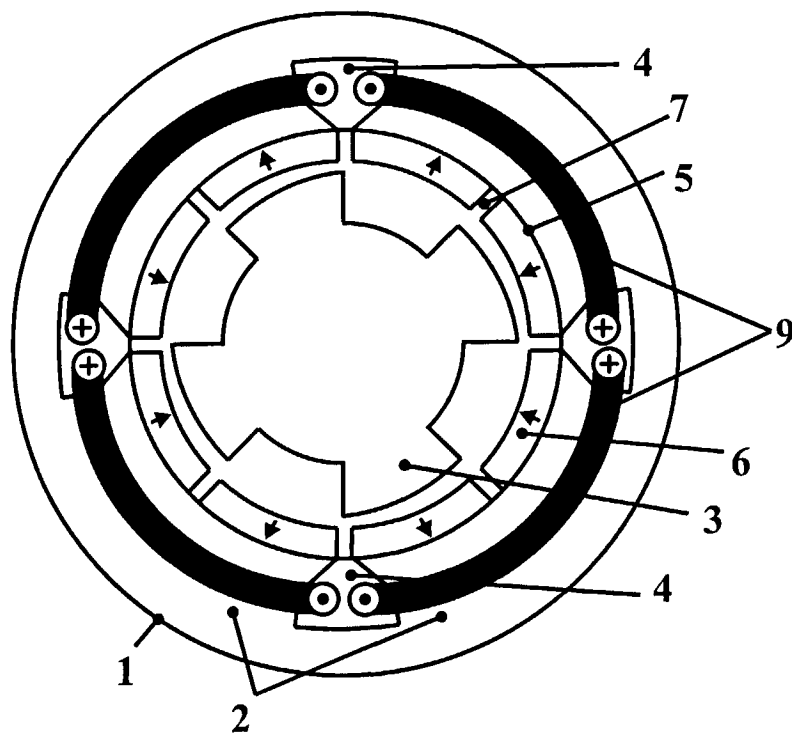
Фиг.9



Фиг.10



Фиг. 11



Фиг. 12

